

RAPPORT 959-2

RÉSULTATS EXPÉIMENTAUX ÉTABLISANT UNE RELATION ENTRE LA QUALITÉ DES IMAGES ET LA GRANDEUR OBJECTIVE DE LEUR DÉGRADATION

(Question 3/11, Programme d'études 3B/11)

(1982-1986-1990)

1. Introduction

- Le *Programme d'études 3B/11* demande d'établir sous une forme appropriée, les relations qui existent entre les caractéristiques objectives des signaux de télévision dégradés et l'évaluation subjective de la qualité des images ainsi obtenues.
- La *Recommandation 500* définit les méthodes d'évaluation subjective de la qualité des images de télévision.
- La *Recommandation 567* décrit les paramètres objectifs de dégradations caractéristiques de la transmission, les méthodes de mesure et les signaux d'essai correspondants.

Le Rapport 1205 expose les bases du traitement des résultats des essais subjectifs et donne la loi d'addition qui rend le mieux compte de l'effet cumulé de plusieurs distorsions simultanées, exprimées individuellement par une valeur numérique.

- Le *Rapport 313* constitue une bibliographie ouverte à tous les documents relatifs à l'évaluation de la qualité des images.

2. Classification des principaux types de dégradations (Systèmes à signal composite couleur (PAL, SECAM et NTSC))

Ce paragraphe ne concerne que les distorsions subies par le signal analogique composite en conformité avec les méthodes de mesure de la Recommandation 567. Il ne concerne donc pas les caractéristiques associées aux systèmes de couleur basés sur les composantes, tant analogiques que numériques.

Il concerne les images naturelles, portraits, scènes naturelles détaillées et non les images graphiques et alphanumériques.

2.1 Classification

Un grand nombre de résultats ont été publiés dans la littérature technique (voir Rapport 313). Les résultats ainsi comparés montrent, pour chaque type de dégradation, une dispersion souvent importante qui peut s'expliquer par des conditions d'essais sensiblement différentes, surtout en ce qui concerne le choix des images, la méthode de mesure subjective (qui comprend notamment l'échelle d'évaluation de l'image, la distance relative d'observation), l'équipement de la source et la procédure de réglage. L'équipement de réception et la procédure de réglage peuvent également influer sur les résultats.

Cette dispersion reflète aussi la variété des équipements de télévision en usage et de nouvelles mesures ne semblent pas devoir apporter de modifications sensibles à une interprétation moyenne des résultats actuellement disponibles.

En retenant, pour chaque type de distorsion, une caractéristique de dégradation considérée comme représentative d'une situation moyenne, il est possible d'élaborer une base de référence pour les applications pratiques les plus courantes, ce qui permet éventuellement d'introduire un facteur de correction associé à des situations définies avec une précision particulière.

En considérant les sources de dégradation retenues le plus souvent par les expérimentateurs, il semble possible d'établir une classification comprenant un premier groupe de distorsions pour lesquelles il est souhaitable de définir une caractéristique de dégradation et un second groupe de distorsions pour lesquelles l'adoption d'une caractéristique de dégradation peut être considérée comme moins importante en pratique, ou encore comme ne se prêtant pas au traitement statistique qui aboutit à la caractéristique de dégradation. Pour ce groupe, on peut se satisfaire de quelques valeurs numériques à titre d'exemples.

La Recommandation 654 donne une liste des distorsions et dégradations correspondant au premier groupe et des caractéristiques de dégradation pour chacune d'elles. Le premier groupe concerne:

- 1 — Distortion linéaire de courte durée
- 2 — Gain différentiel
- 3 — Phase différentielle
- 4 — Inégalité de gain luminance-chrominance
- 5 — Inégalité de temps de transmission luminance-chrominance
- 6 — Bruit aléatoire continu (Bruit blanc non pondéré)
- 7 — Echo.

Le second groupe concerne:

- 1 — Distortion linéaire de la durée de la ligne
- 2 — Distortion linéaire de durée de l'ordre de la trame
- 3 — Distortion linéaire de longue durée
- 4 — Gain d'insertion pour le signal de luminance
- 5 — Gain d'insertion pour le signal de synchronisation
- 6 — Réponse temps de propagation-fréquence en régime permanent
- 7 — Intermodulation luminance sur chrominance et chrominance sur luminance
- 8 — Distortion linéaire du signal de chrominance
- 9 — Distortion non linéaire du signal de luminance
- 10 — Distortion non linéaire du signal de chrominance
- 11 — Bande spectrale du signal de luminance
- 12 — Bande spectrale des signaux de différence de couleur
- 13 — Brouillage par onde sinusoïdale
- 14 — Bruit aléatoire à spectre étroit
- 15 — Bruit récurrent du type ronflement basse fréquence
- 16 — Bruit impulsif.

2.2 Résultats expérimentaux

Les Tableaux I, II et III présentent des résultats particulièrement importants.

Le Tableau I contient les résultats d'études menées au Royaume-Uni selon la méthode de la Recommandation 500; d'autres particularités des essais sont conformes au § 1 de l'Annexe IV au Rapport 405-5 (Dubrovnik, 1986). Ces résultats s'appliquent directement au système I/PAL, mais il faudra peut-être procéder à de légers ajustements pour d'autres systèmes.

Pour obtenir une liste de références aux descriptions détaillées des travaux originaux, il y a lieu de recourir aux ouvrages originaux [Macdiarmid et Allnatt, 1978; CCIR, 1978-82a] (voir le Rapport 313).

Le Tableau II contient les résultats de recherches menées sur le système B/SECAM en République démocratique allemande [CCIR, 1978-82b]. On y a largement appliqué les méthodes préconisées dans la Recommandation 500. Dans certains types de dégradation, les coefficients G et d_M de la formule indiquée ci-dessous manquent, parce que dans ces cas elle ne rend pas compte de la relation avec suffisamment d'exactitude.

Le Tableau III récapitule les résultats d'essais obtenus en Union Soviétique [Lokshine 1985; CCIR 1986-1990 a] avec les systèmes D et K/SECAM.. Pour ces essais, on a utilisé la méthode décrite dans la Recommandation 500.

Dans ces deux tableaux, les valeurs de la dégradation subjective* peuvent être déterminées directement à l'aide de la formule suivante:

$$I_u = (d/d_M)^G \text{ imp} (\text{«impairment»: dégradation})$$

Les définitions de la valeur objective d sont précisées dans les notes se rapportant aux Tableaux.

Pour plus de commodité, on a aussi inscrit, pour les repères 1, 1/2, 1/4 et 1/8 imp, les valeurs objectives exprimées dans les unités utilisées conventionnellement (voir Annexe II au Rapport 1205). Les valeurs moyennes correspondantes sur l'échelle de qualité de la Recommandation 500 sont: 3,0; 3,7; 4,2 et 4,6.

* Les valeurs de I peuvent être utilisées pour additionner les dégradations selon l'une des lois d'addition (voir le Rapport 1205, Annexe II, § 2).

TABLEAU I – Résultats expérimentaux pour le système I/PAL

Dégradation	Note (voir au verso)	<i>G</i>	<i>d_M</i>	Valeurs des repères (dB, sauf indication contraire)			
				1-imp	1/2-imp	1/4-imp	1/8-imp
Bruit aléatoire à large spectre	1						
Pondération de luminance	2	2,41	0,0167	36	38	41	43
Pondération de chrominance	2	2,79	0,0327	30	32	34	36
Pondération unifiée	3	2,5	0,0123	38	41	43	45
5 MHz non pondérés	4	2,6	0,0315	30	32	35	37
5,5 MHz non pondérés	4	2,6	0,0330	30	32	34	37
6 MHz non pondérés	4	2,6	0,0345	29	32	34	36
Bruit aléatoire localisé*	5						
3,2 kHz		1,73	0,0113	39	42	46	49
7,5 kHz		2,79	0,0271	31	33	36	38
Bruit sinusoïdal*	6						
1 kHz		1,26	0,00546	45	50	55	60
3,2 kHz		1,26	0,0185	35	39	44	49
1 MHz		1,23	0,00765	42	47	52	57
3,2 MHz		1,19	0,0779	22	27	32	37
Diaphotie uniforme	7						
Signal impulsion-barre		1,28	0,0155	36	41	46	50
Signal barre de couleur		1,68	0,0291	31	34	38	41
Diaphotie différenciée	7						
Signal barre de couleur		1,77	0,0422	27	31	34	38
Gain différentiel	8	2,86	0,437	44%	34%	27%	21%
Distorsion linéaire*	9						
Facteur <i>K</i>	10	2,35	0,113	11%	8,4%	6,3%	4,7%
Echo positif, retard (μs):	11						
0,2		2,54	0,361	9	11	14	16
0,3		2,54	0,251	12	14	17	19
0,5		2,54	0,166	16	18	20	23
1		2,54	0,107	19	22	24	27
2		2,54	0,0814	22	24	27	29
5		2,54	0,0699	23	25	28	30
13		2,54	0,0668	24	26	28	31
Echo négatif, retard (μs):	11						
0,2		2,06	0,883	1	4	7	10
0,3		2,06	0,592	5	7	10	13
0,5		2,06	0,360	9	12	15	18
1		2,06	0,192	14	17	20	23
2		2,06	0,116	19	22	25	27
Inégalité de gain	12	2,86	0,564	56%	44%	35%	27%
Inégalité de retard	13	2,41	355	350 ns	270 ns	200 ns	150 ns

* Essai monochrome.

Notes relatives au Tableau I:

Note 1. — Les essais sur le «bruit aléatoire à large spectre» ont été effectués avec un bruit aléatoire ayant plusieurs spectres, chacun s'étendant sur l'ensemble de la bande des fréquences vidéo: Ici, la valeur de d est proportionnelle au rapport de la tension efficace du bruit à l'amplitude nominale crête-à-crête du signal de luminance (normalement 0,7 V). Les valeurs des repères sont exprimées comme le rapport signal/bruit, en décibels, donné par $-20 \log d$.

Les résultats indiqués ont été obtenus à partir de mesures distinctes sur signaux monochromes et couleurs au cours desquelles on a constaté que les spécifications relatives au canal de luminance étaient moins rigoureuses pour les essais couleurs que pour les essais monochromes. On a adopté le résultat le plus rigoureux, mais le rapport des notes d'opinion moyenne pour la luminance et la chrominance a été établi en se fondant sur l'essai couleur. Les valeurs de G pour les deux essais concordent étroitement.

Note 2. — Les valeurs repères sont relatives à l'effet subjectif dans le canal de luminance ou le canal de chrominance seulement, le bruit étant mesuré à travers le réseau de pondération approprié (Recommandation 451, Genève, 1974).

Note 3. — Les valeurs repères sont relatives à l'effet subjectif total, le bruit étant mesuré à travers le réseau unifié de pondération de la Recommandation 567.

Note 4. — Les valeurs repères sont relatives à l'effet subjectif total du bruit à spectre continu et uniforme s'étendant jusqu'à 6 MHz, mais limité à la fréquence supérieure désignée avant la mesure non pondérée. Les résultats ne sont pas sensiblement influencés par les écarts modérés du spectre du bruit par rapport à l'uniformité.

Note 5. — Chacun des essais sur le «bruit aléatoire localisé» a été effectué avec un bruit aléatoire à bande étroite, centré sur la fréquence indiquée, afin de simuler le bruit produit par des amplificateurs vidéo en cascade ayant des alimentations d'un certain type. Les définitions de d et les valeurs repères sont identiques à celles du bruit aléatoire à large spectre (Note 1). Aucun réseau de pondération n'est concerné.

Note 6. — Chacun des essais sur le «bruit sinusoïdal» a été effectué à une fréquence, proche de la fréquence nominale indiquée, pour laquelle l'effet est le plus défavorable. Ici, la valeur de d est proportionnelle au rapport de la tension crête-à-crête du bruit à l'excursion crête-à-crête nominale du signal de luminance (normalement 0,7 V). Les valeurs repères sont exprimées comme le rapport signal/bruit, en décibels, donné par $-20 \log d$.

Note 7. — Les essais sur la «diaphotie uniforme» et la «diaphotie différenciée» ont été effectués avec les signaux perturbateurs indiqués, dont les fréquences de ligne ou de sous-porteuse ont été décalées pour produire l'effet le plus défavorable. La tension de diaphotie est proportionnelle à la fréquence dans la diaphotie «différenciée». Dans les deux cas, la valeur de d est proportionnelle au rapport de la tension crête-à-crête de la partie «image» du signal de diaphotie à l'amplitude nominale crête-à-crête du signal de luminance (normalement 0,7 V), lorsqu'il est mesuré avec un signal perturbateur impulsion-barre de chrominance ou de luminance, selon le cas. Les valeurs des repères sont exprimées comme le rapport signal/diaphotie, en dB, donné par $-20 \log d$.

Note 8. — Le résultat obtenu à la suite d'une petite expérience préliminaire concerne essentiellement le gain de chrominance à un niveau de gris moyen par rapport au niveau du noir; il aura probablement tendance à surestimer la dégradation subjective s'il est appliqué à une mesure d'erreur maximale. d est l'erreur relative de tension. (Voir le § 2.1 de la Recommandation 654.)

Note 9. — Fondé sur des essais avec un écho uniforme couvrant la gamme 0,2 à 13 µs (0,2 à 2 µs dans le cas d'un écho négatif).

Note 10. — La valeur de d est proportionnelle à K tel qu'il est défini dans la Recommandation 451 (Genève, 1974). On a utilisé les résultats de l'écho positif comme référence de transfert pour déterminer les valeurs appropriées de G et d_M . On a exprimé les repères pour K sous forme de pourcentage.

Note 11. — La valeur de d est proportionnelle au rapport de l'amplitude de l'écho à celle de (signal + écho), en tenant compte de la polarité de l'écho. Les valeurs des repères sont exprimées comme le rapport (signal + écho)/écho, en décibels, donné par $-20 \log d$.

Note 12. — Les mesures d'*«inégalité de gain»* ont porté sur les différences de gain du canal de chrominance par rapport au canal de luminance; la valeur de d est l'erreur relative sur la tension du signal de chrominance. Les valeurs repères sont simplement les valeurs de d exprimées sous forme de pourcentage.

Note 13. — Les mesures sur l'*«inégalité de retard»* ont porté sur les différences de temps de propagation du canal de chrominance par rapport au canal de luminance; d représente le retard relatif, en nanosecondes, du signal de chrominance. Les valeurs repères sont exprimées directement en valeur de d .

TABLEAU II - Résultats expérimentaux obtenus pour le système B/SECAM

Dégradation	Note	G	d _M	Valeurs des repères (dB, sauf indication contraire)	
				1-imp	1/8-imp
Bruit aléatoire à large spectre 0 à 5 MHz, pondération de luminance	1	3,88	0,0118	38,5	43,2
Bruit aléatoire à large spectre 0 à 20 kHz, luminance	1	2,96	0,00868	41,2	47,3
Ronflement hétérodyne	2	1,08	0,0684	23,3	40,0
Diaphotie:					
- du signal de luminance	3	2,02	0,0102	39,8	48,7
- du signal de chrominance	3	3,27	0,240	12,4	17,9
Retard d'écho positif (μs):	4				
0,2		2,13	0,248	12,1	20,6
0,3		2,03	0,222	13,1	21,9
0,5		1,90	0,190	14,4	23,9
1		1,74	0,149	16,5	26,9
2		1,57	0,111	19,1	30,6
5		1,35	0,0668	23,5	36,9
Inégalité de retard	5	2,31	543 ns	543 ns	221 ns
Temps d'établissement	6	3,64	267 ns	267 ns	151 ns
Non-linéarité	7			48%	14%
Ecart de niveaux	8			-1,7/+2,4	-0,1/+0,8

Note 1. — On a utilisé du bruit blanc dans la bande de fréquences mentionnée. Ici, la valeur de d est proportionnelle au rapport de la tension efficace du bruit à la tension de crête nominale du signal de luminance (0,7 V). Les valeurs des repères sont exprimées comme le rapport signal/bruit, en décibels, donné par $-20 \log d$.

Note 2. — L'effet subjectif du ronflement hétérodyne dépend également des caractéristiques de la tension (contenu harmonique), de la différence entre les fréquences de ronflement et du type du récepteur. Le tableau donne une valeur moyenne qui est assez représentative des conditions observées dans la pratique. Ici, d est le rapport de la valeur crête-à-crête de la tension de ronflement au niveau de crête du signal de luminance (0,7 V).

Note 3. — Les signaux brouilleurs étaient respectivement une image électronique monochrome et un signal de barres en couleur.

Note 4. — d est le rapport écho sur signal.

Note 5. — Dans le tableau, d exprime directement le retard entre le canal de luminance et le canal de chrominance.

Les expériences n'ont pas fait apparaître de grandes différences dans l'évaluation subjective d'un écart positif ou négatif de même importance.

Note 6. — Dans le tableau, d est la valeur mesurée du temps de montée de 10% à 90% d'un échelon idéal, après passage à travers la voie de transmission en question.

Note 7. — Pour obtenir la non-linéarité de la caractéristique d'amplitude, on peut utiliser la mesure de l'amplitude d'une faible tension à fréquence vocale A superposée à un signal en dents de scie.

La valeur

$$d = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max}} \times 100\%$$

n'est pas suffisante pour indiquer l'effet subjectif sur la qualité de l'image car l'allure de la caractéristique d'amplitude est également importante. Le point de repère donné est valable seulement pour des caractéristiques à courbure douce.

Note 8. — Dans le système SECAM les écarts de niveau entraînent des changements de saturation des couleurs. Ici, d correspond à la différence entre l'amplitude crête-à-crête du signal de luminance et sa valeur nominale (0,7 V), divisée par cette valeur nominale.

TABLEAU III

Données d'essais pour les systèmes D et K/SECAM

Dégradation	Note	G	d_M	Valeurs des repères (dB, sauf indication contraire)			
				1	1/2	1/4	1/8
1	2	3	4	5	6	7	8
Bruit aléatoire à large spectre							
Fonction unifiée de pondération							
Bande de fréquences: 5 MHz	1	2	0,0141	37	40	43	46
Bande de fréquences: 6 MHz	1	2	0,0133	37,5	40,5	43,5	46,5
Echo positif, retard (μs): 2							
0,2		2,6	0,245	12	14	17	19
0,3		2,4	0,191	14	17	20	22
0,5		2,17	0,140	17	20	23	25
1		1,9	0,0912	21	24	27	30
2		1,76	0,0650	24	27	31	34
5		1,67	0,0631	24	28	31	35
Echo négatif, retard (μs): 2							
0,2		2,51	0,251	12	14	17	19
0,3		2,35	0,210	14	16	19	21
0,5		2,25	0,160	16	19	21	24
1		2,18	0,103	20	22	25	28
2		2,10	0,0716	23	26	29	32
5		2,05	0,0631	24	27	30	33
Ecart de temps entre les signaux de luminance et les signaux de chrominance	3	2,32	400 HC	400 HC	300 HC	220 HC	160 HC
Non-linéarité	4	2	53%	53%	37%	26%	19%

Notes relatives au Tableau III

1. Les essais ont été effectués avec un bruit ayant plusieurs spectres dans la bande de fréquences indiquée. La pondération a été établie à l'aide de la fonction unifiée du CCIR, avec une constante de temps de 0,245 μs . d est le rapport de la tension efficace de bruit à l'amplitude nominale du signal de luminance (en général 0,7 V). Les valeurs des repères sont exprimées comme le rapport signal/bruit (en dB), donné par $-20 \log d$.

2. d désigne le rapport signal direct/signal réfléchi. Les valeurs repères donnent le rapport signal réfléchi/signal direct (en dB), c'est-à-dire, $-20 \log d$.

3. d exprime directement l'écart de temps entre les signaux de luminance et les signaux de différence de couleur.

4. Les données s'appliquent aux distorsions du signal de luminance. Les valeurs sont données par la formule suivante:

$$d = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max}} \quad 100\%$$

où A est l'amplitude du signal RF superposé au signal d'essai de luminance.

3. Nouvelles études sur les dégradations

3.1 Les résultats rapportés dans les paragraphes précédents ne concernent que les distorsions subies par le signal analogique composite mesurées conformément aux méthodes de mesure de la Recommandation 567 et applicables aux images de télévision correspondant à des scènes naturelles.

Les nouveaux progrès réalisés en matière de systèmes de télévision tels que les systèmes à composantes analogiques (MAC), la télévision numérique, les systèmes de transmission d'images graphiques ou alphanumériques, conduisent à de nouvelles méthodes de mesure et de nouveaux résultats dont certains aspects sont déjà mentionnés dans le Rapport 1205 et le Rapport 956.

3.2 Bande spectrale de la composante de luminance

En ce qui concerne l'intérêt nouvellement manifesté pour les systèmes de couleur basés sur les composantes, tant analogiques que numériques, et les activités déployées à ce titre, l'intérêt porté aux caractéristiques de dégradation reliant la qualité subjective à la bande spectrale des composantes s'avère utile et opportun.

Au cours des études qui ont conduit à l'adoption des normes numériques de studio (Recommandation 601) de nombreuses expérimentations ont été faites concernant la largeur de bande des signaux composants.

La bande spectrale effective de la voie transmettant la composante de luminance d'un signal de télévision entre la source d'image et l'écran de synthèse détermine l'importance du flou affectant l'image reproduite. Dans les systèmes à signal composite couleur (PAL, SECAM et NTSC), la présence de la sous-porteuse de chrominance et le décodage du signal composite modifient la bande spectrale effective de luminance d'une manière qui dépend des détails du système de décodage. Cependant, dans les systèmes monochromes et les systèmes de couleur utilisant une transmission en composantes séparées, la bande spectrale de la voie de luminance est connue et son effet sur la qualité de l'image peut donc être déterminé.

La bande spectrale est définie ici (en supposant une voie du type passe-bas) comme la fréquence pour laquelle la perte d'insertion de la voie est de 3 dB supérieure à la perte moyenne aux fréquences basses.

La dégradation produite pour une réduction déterminée de la bande spectrale dépend notamment de:

- la distance d'observation: la dégradation augmente lorsque la distance d'observation diminue,
- le type d'image représentée: les graphiques et les images alphanumériques sont les plus sensibles alors que les images à détails peu contrastés tels que les visages, sont moins sensibles.

Les caractéristiques de dégradation reproduites sur la Fig. 1 correspondent à deux distances relatives d'observation (4 et 6 fois la hauteur de l'image) et à deux classes d'images (graphiques et scènes naturelles avec un grand nombre de détails).

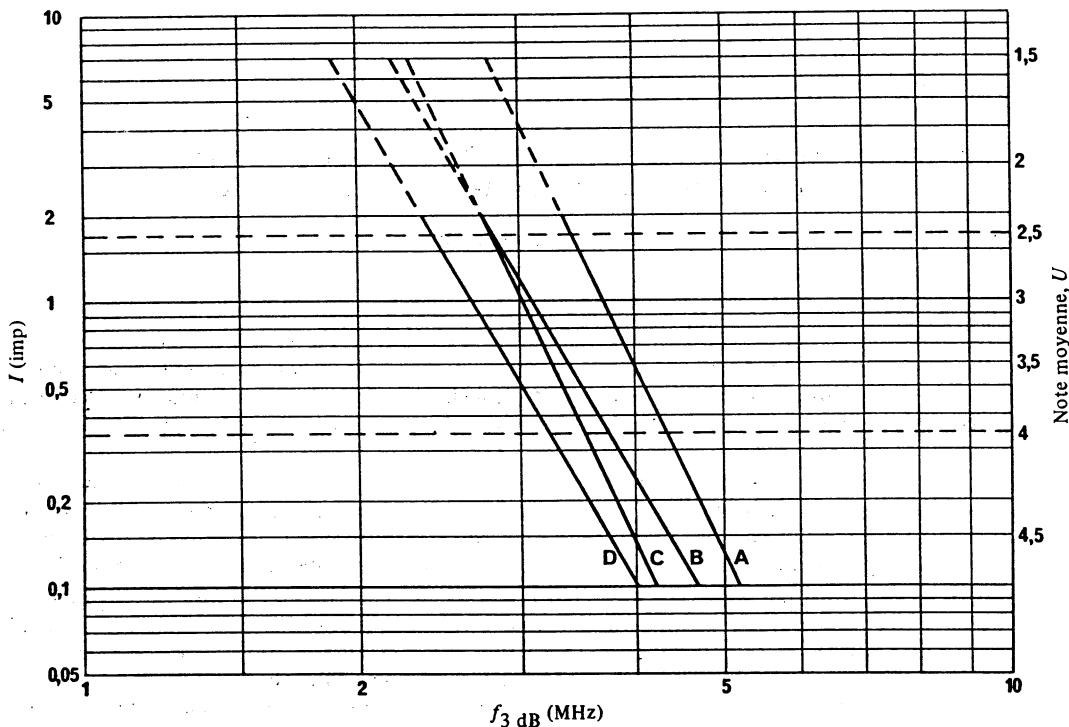


FIGURE 1 – Caractéristique de dégradation correspondant à une bande spectrale limitée pour le signal de luminance

- A: graphiques et images alphanumériques – distance d'observation = 4 H
- B: graphiques et images alphanumériques – distance d'observation = 6 H
- C: scènes naturelles détaillées – distance d'observation = 4 H
- D: scènes naturelles détaillées – distance d'observation = 6 H
- U: note moyenne, échelle à 5 notes

Les résultats pour le système à 625 lignes sont:

- Facteur de dégradation: $d = f_3 \text{ dB}$
- $f_3 \text{ dB}$: bande passante à 3 dB (MHz)
- Valeur moyenne de note d'opinion ($I = 1$):

distance d'observation:	$4H$	$6H$
graphiques	$d_M = 3,70$	$d_M = 3,09$
scènes	$d_M = 3,02$	$d_M = 2,67$

- Pente

distance d'observation:	$4H$	$6H$
	$G = 6,80$	$G = 5,60$

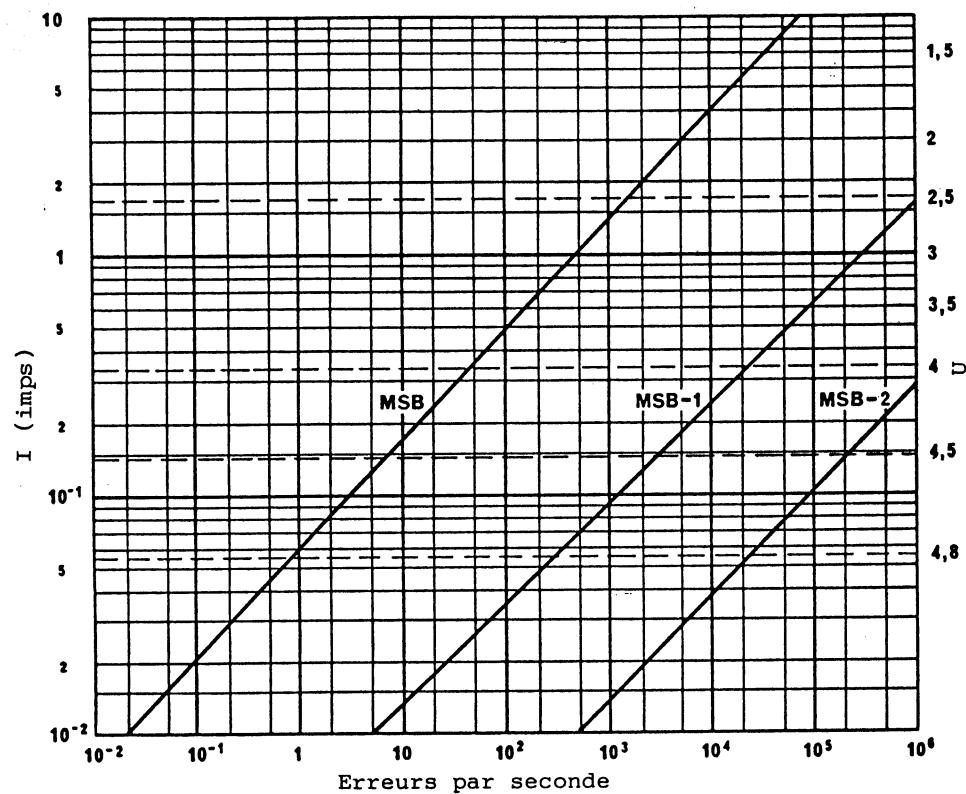
3.3 Effet subjectif des erreurs binaires aléatoires dans les signaux vidéo en composantes numériques YUV

Au Royaume-Uni, on a récemment procédé à une évaluation pour les signaux 625/50 4:2:2, dont les Figures 2 et 3 donnent les résultats. L'unité "occurrences d'erreurs par seconde" sert à mesurer le taux d'erreur et on donne les courbes pour le bit de poids fort, et pour les deuxième et troisième bits significatifs. On utilisait l'échelle de dégradation et chaque essai durait 20 secondes. Les observateurs étaient 20 spécialistes placés à des distances 4H et 6H. Les images d'essai étaient les "bateaux" et le "tableau noir avec jouets". On évaluait la qualité de base et la qualité de l'image traitée en aval (incrustation). Un modèle logistique était associé aux données.

La mesure du taux d'erreur qu'on utilisait (occurrences d'erreurs par seconde) était rattachée simplement au taux d'erreur binaire. Les débits de chacune des composantes Y et U/V sont de 108 Mbit/s. Donc N occurrences d'erreurs par seconde correspondent à un taux d'erreur binaire de $8N/10^8$ environ. Pour les composantes U et V (Figure 3), le taux d'erreur binaire est égal à $N/(54 \times 10^6)$.

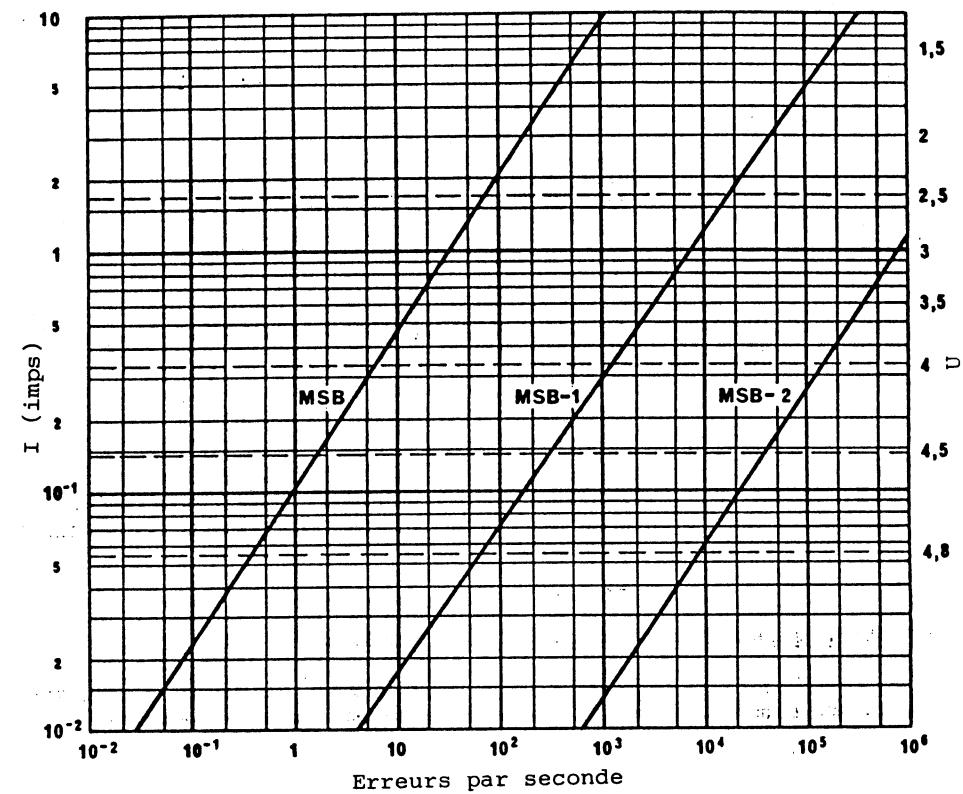
Les résultats montrent que pour un nombre donné d'erreurs par seconde c'est le bit de poids fort du signal de luminance qui est le plus sensible aux erreurs, cette sensibilité décroissant rapidement avec le poids des bits. L'usage de l'incrustation dans le traitement vers l'aval accroît la sensibilité aux erreurs de U et surtout de V. En outre, dans ce cas la sensibilité ne décroît pas aussi vite avec le poids des bits que pour le flux binaire U/V de la Figure 2.

Il est à espérer que d'autres administrations, notamment celles qui utilisent des signaux 525/60 4:2:2, se sentiront encouragées à procéder à des études semblables de sorte qu'à l'avenir ces informations puissent être incluses dans une Recommandation 654 généralisée.



a) Erreurs dans le signal composante de luminance (Y)

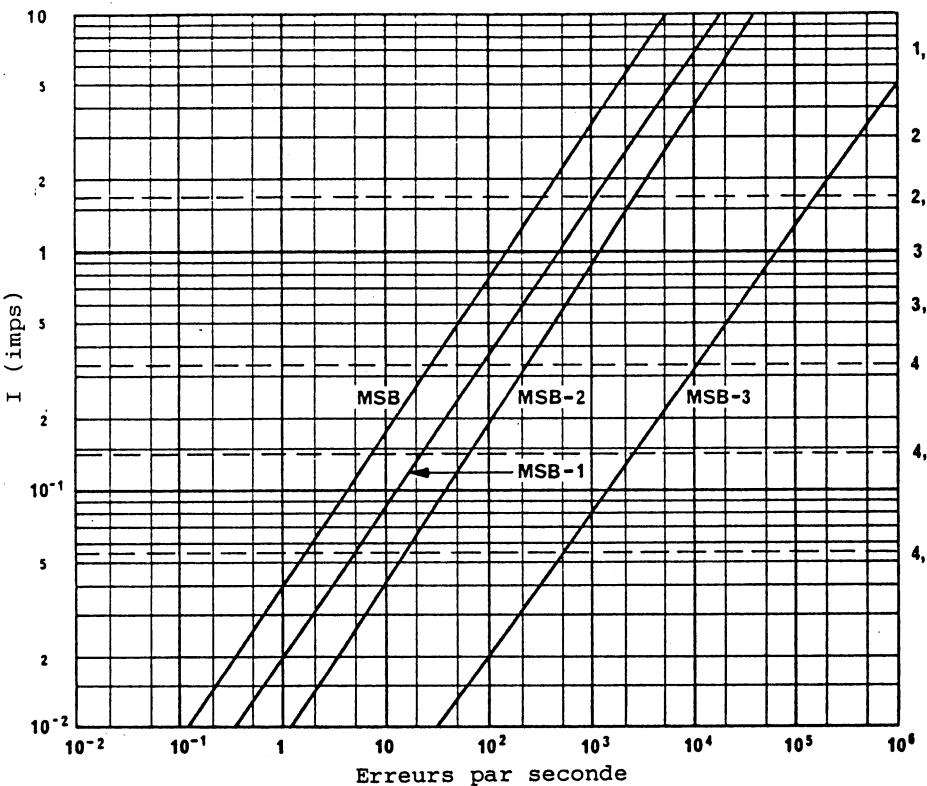
		d_M	G
Composante Y	B+FP	$3,60 \times 10$	0,64
	B+FP-1	$8,45 \times 10^3$	0,61
	B+FP-2	$8,28 \times 10^5$	0,64



b) Erreurs dans les signaux composantes de différence de couleur (U/V)

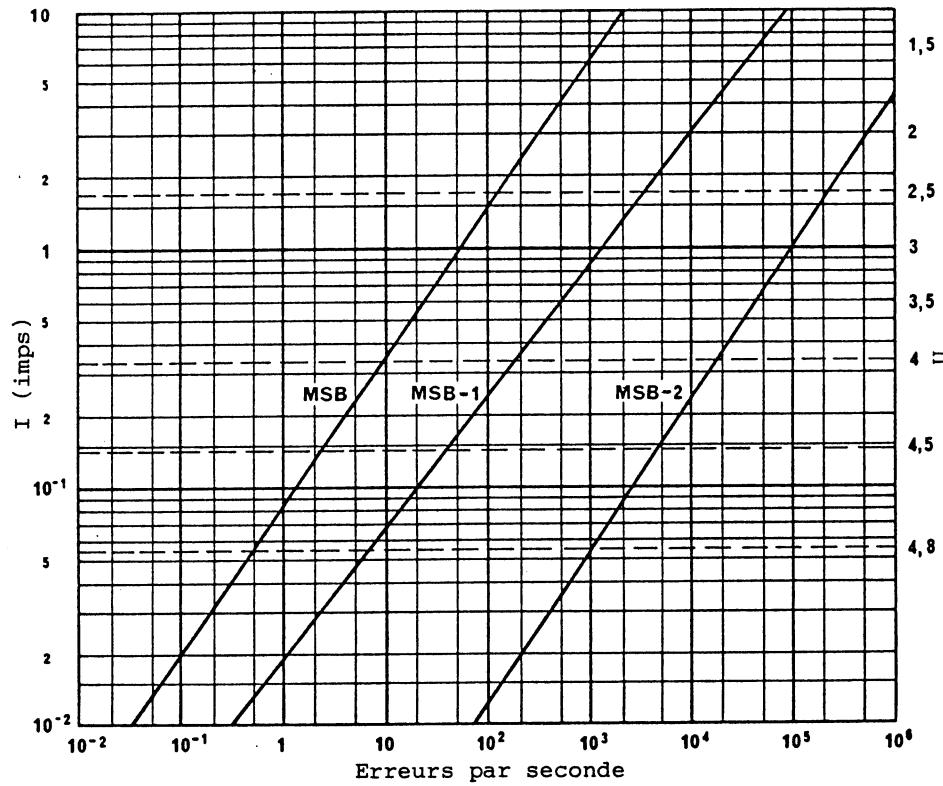
		d_M	G
Composante U/V	B+FP	$5,83 \times 10^2$	0,45
	B+FP-1	$3,07 \times 10^5$	0,42
	B+FP-2	$2,04 \times 10^7$	0,43

FIGURE 2 - Caractéristiques de dégradation pour des erreurs aléatoires sur un seul bit, pour des bits de poids divers



a) Erreurs dans des bits de poids divers de la composante U

		d_M	G
Composante U	B+FP	$1,67 \times 10^2$	0,63
	B+FP-1	$5,50 \times 10^2$	0,63
	B+FP-2	$1,31 \times 10^3$	0,65
	B+FP-3	$6,44 \times 10^4$	0,60



b) Erreurs dans des bits de poids divers de la composante V

		d_M	G
Composante V	B+FP	$6,66 \times 10^1$	0,60
	B+FP-1	$1,37 \times 10^3$	0,55
	B+FP-2	$9,78 \times 10^4$	0,64

FIGURE 3 - Caractéristiques de dégradation pour des erreurs aléatoires sur un seul bit après traitement par incrustation



3.4 Bruit aléatoire continu

Des essais portant sur une éventuelle caractéristique de dégradation [Lokshine 1985, CCIR 1986-1990 b] montrent que le niveau de bruit ayant une distribution spectrale typique peut être normalisé au moyen d'une caractéristique de dégradation unique applicable à tous les systèmes de radiodiffusion télévisuelle. Cette caractéristique définit le rapport niveau du signal d'image/valeur pondérée de la tension de bruit, la pondération étant faite au moyen du réseau unifié du CCIR dans une bande de 5 MHz.

La caractéristique de dégradation suggérée est représentée sur la Figure 4. Elle peut se décrire au moyen des formules suivantes:

- valeur de la distorsion

$$d = \frac{N_{\text{eff}}}{L} \quad \text{ou } D = 20 \lg \left[\frac{L}{N_{\text{eff}}} \right] (\text{dB})$$

- valeur à mi-échelle ($I = 1 \text{ imp}$):

$$d_M = 0,0141 \text{ ou } D_M = 37 \text{ dB}$$

- pente: $G = 2$.

Le rapport signal/bruit (pondéré) est mesuré conformément au § C.3.2.1 de la Recommandation 567.

Il est suggéré d'étudier plus avant la caractéristique de dégradation proposée.

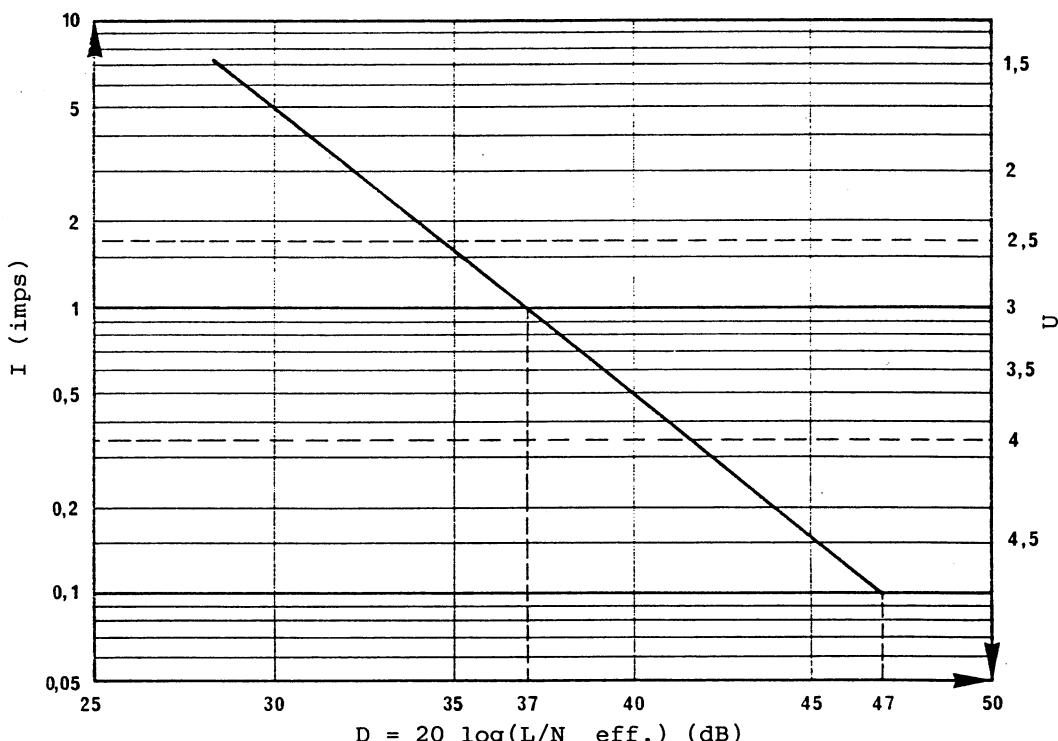


FIGURE 4

Caractéristique de dégradation pour le bruit (pondéré)

3.5 Effets d'un bruit sinusoïdal sur la qualité d'images D/PAL

Des évaluations subjectives ont été réalisées en République populaire de Chine [CCIR, 1986-90c] afin de déterminer les effets produits par le bruit sinusoïdal sur la qualité des images. Les expériences ont été réalisées dans deux bandes de fréquences 50 Hz - 10 kHz et 10 kHz - 6 MHz. On trouvera dans les tableaux du document les résultats des essais.

3.6 Signal d'écho

Des études sur une éventuelle caractéristique de dégradation [CCIR, 1986-90d] ont indiqué que le niveau du signal d'écho sans distorsion (positif et négatif) pouvait être normalisé à l'aide d'une caractéristique de dégradation unifiée qui pourrait s'appliquer à tous les systèmes de radiodiffusion télévisuelle.

La caractéristique de dégradation suggérée applicable au signal d'écho sans distorsion est décrite par les expressions suivantes:

- valeur de la distorsion: $d = E/S$ ou $D = 20 \log (S/E)$, dB
- valeur de l'évaluation moyenne ($I = 1$ imp):

$$d_M (\Delta t) = 0,04/|\Delta t| + 0,05, \text{ ou}$$

$$D_M (\Delta t) = -20 \log (0,04/|\Delta t| + 0,05), \text{ dB};$$
- Pente: $G(\Delta t) = 0,15/|\Delta t| + 1,85;$
- valeur de D pour différentes valeurs de I et Δt (μs):

$$D = D_M (\Delta t) - (20 \log I)/G(\Delta t), \text{ dB}.$$

La Figure 5 donne les valeurs de D pour les niveaux caractéristiques de dégradation de l'image.

Il est suggéré d'étudier plus avant la caractéristique de dégradation proposée.

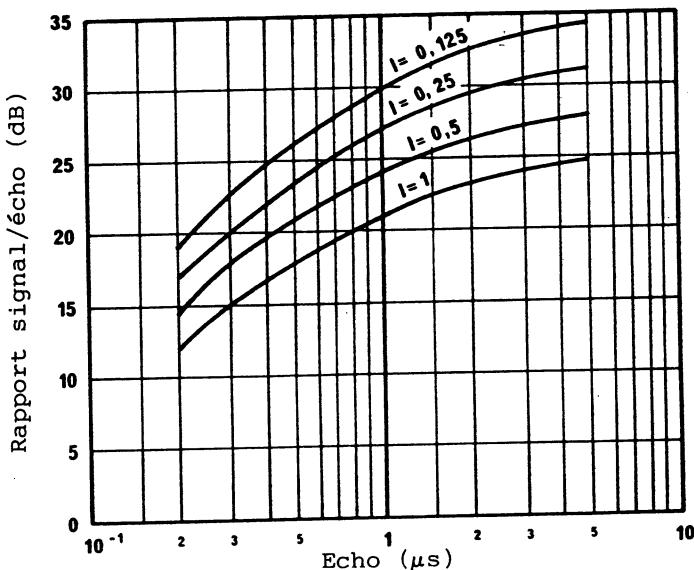


FIGURE 5 - Caractéristique de dégradation pour les signaux d'écho

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LOKCHINE M.G., [1985] -Onifitsirovannaya vzvechivayouchtchaya tsep dlya izmereniya choumov v sisteme SEKAM (Unified weighting circuit for noise measurements in the SECAM system) Tekhnika kino i televideniya - № 10, p. 31-36.

MACDIARMID, I. F. et ALLNATT, J. W. [1978] Performance requirements for the transmission of the PAL coded signal.
Proc. IEE, Vol. 125, 571-580.

Documents du CCIR

[1978-82]: a. 11/38 (Royaume-Uni); b. 11/331 (République démocratique allemande).

[1986-90]: a. 11/451 (URSS); b. 11/453 (URSS); c. 11/145 (Chine (République populaire de)); d. 11/452 (URSS).

RAPPORT 1082-1

ETUDES EN VUE DE L'UNIFORMISATION DES METHODES
D'EVALUATION DE L'IMAGE

(Question 3/11, Programme d'études 3A/11)

(1986-1990)

1. Introduction

La Recommandation 500 fait l'objet de révisions périodiques afin d'indiquer quelles sont les méthodes disponibles qui semblent les meilleures pour évaluer la qualité des images en laboratoire dans des conditions bien définies. Il faut revoir périodiquement ces méthodes pour suivre l'évolution des études de nouveaux systèmes et de la méthodologie elle-même.

Bien que les méthodes décrites dans les § 2 et 3 de la Recommandation 500 aient été étudiées et conçues avec soin, en fonction des connaissances du moment, elles présentent certains défauts. S'il en existe d'autres qui en sont exemptes, elles ont vocation à remplacer les méthodes actuelles.

Les principaux défauts des méthodes décrites actuellement dans les § 2 et 3 sont les suivants:

- Les différences de sens entre les descripteurs des divers échelons de la notation ne sont pas forcément uniformes. On sait qu'elles varient sensiblement avec les groupes linguistiques, culturels, et d'un individu à l'autre. Pour dégager des résultats, on suppose que ces différences sont uniformes; c'est une approximation, de même par conséquent que l'interprétation des résultats en vue d'en tirer une mesure cohérente de la qualité ou de la dégradation absolue. En fait, l'erreur qu'on risque de commettre quand on estime les différences à partir des résultats peut atteindre $\pm 50\%$.
- En raison notamment des acceptations diverses des descripteurs mentionnés ci-dessus, on considère que la corrélation entre les conclusions obtenues dans divers laboratoires n'est pas suffisamment bonne pour comparer des résultats absous et des systèmes différents qui présentent de faibles défauts ou une bonne qualité. Toutefois, les classements sont cohérents.